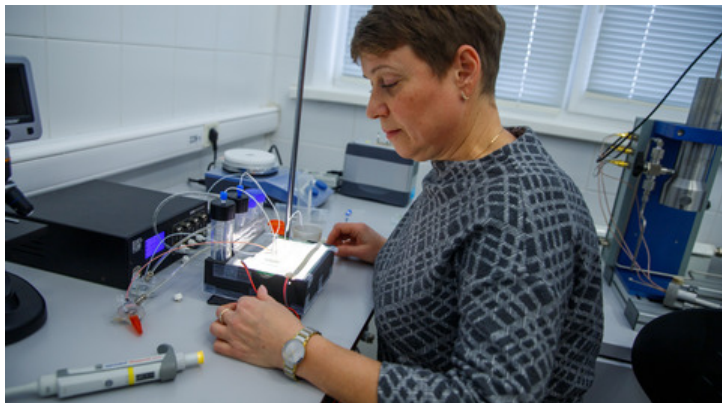


Российские учёные усовершенствовали систему раннего обнаружения загрязнений в воде

Российские учёные впервые представили микрофлюидную систему, с помощью которой можно в продолжительном непрерывном режиме проводить тестирование воды, обнаруживая загрязняющие вещества, которые делают воду непригодной для употребления.



Устройство основано на уже известной системе ферментов светящихся бактерий — люциферазе и оксиредуктазе, которые в чистой воде светятся ярче. Многие вещества-загрязнители способны повреждать эту ферментативную систему, в результате чего свечение значительно ослабевает. Реагенты для тестирования и проба с помощью оригинального микрофлюидного чипа упаковываются в отдельные капли, которые по трубке поступают к детектору, где каждая из них анализируется независимо от других. Это устройство работает в проточном режиме и позволяет проводить непрерывный анализ воды. Такой «микротекучий» анализ капель может стать ступенью составного мультисенсорного прибора, который с высокой точностью покажет наличие токсичных примесей в воде или жидких пищевых продуктах. Важно, что изученные учёными принципы могут лечь в основу систем хемоферментного анализа, то есть применения ферментов в задачах химического анализа.

В ходе работы исследователи изучили особенности и ограничения, которые позволят проводить биолюминесцентные ферментативные реакции именно в микрофлюидных капельных реакторах.

*«Внутри капель мы можем составлять различные ферментативные каскады, но конечным ферментом всегда будет люцифераза, так как её функционирование легко зафиксировать по свечению. Разработанные нами микрофлюидные реакторы с иммобилизованными ферментами в каплях имеют большую перспективу применения в химическом анализе. Ферменты обладают очень большой селективностью к своим субстратам, а значит могут очень точно „узнать“ определённую сложную биомолекулу, к которой у них есть сродство. Причём это может быть жирорастворимая молекула — мы нашли способ как с ними работать, так как наши капли окружены масляной фазой и в ходе исследования нам пришлось решить несколько связанных с этим проблем», — сообщил один из соавторов исследования, научный сотрудник из СФУ **Антон Якимов**.*



Выбор биолюминесцентной системы люциферазы и FMN:NAD(P)H-оксидоредуктазы достаточно традиционен с точки зрения наблюдения за водными ресурсами — эта система уже несколько лет успешно применяется в области экологического мониторинга и продолжает совершенствоваться на кафедре биофизики СФУ. Для проведения анализа требуется смешать несколько реагентов с высокой воспроизводимостью процесса перемешивания. Для этого необходима автоматизация процесса.

Разработанный учёными чип формирует капли «вода в масле» объёмом 0.1 мкл с частотой 12 капель в минуту и позволяет автоматически произвести перемешивание содержимого капель и запуск в них

ферментативной реакции. Измеряя световой сигнал от каждой капли, эксперты показали, что биолюминесцентные ферментативные реакции могут проводиться в капельных реакторах в сегментированных потоках.

Автоматизация возможна благодаря методам капельной микрофлюидики. Отдельные капли в этом случае ведут себя как самостоятельные микрореакторы, внутри каждой капли происходит независимое измерение пробы воды.

«Перед нами стояла задача разработать капельный микрофлюидный прибор, который будет упаковывать в капли хемоферментную систему, чтобы измерять свечение каждой из них по отдельности и изучать, как идёт ферментативная реакция в эмульсии. Ранее мы не знали, как поведут себя жирорастворимые компоненты ферментативной системы в присутствии масляной фазы», — отметил соавтор исследования научный сотрудник лаборатории биолюминесцентных биотехнологий СФУ **Иван Денисов**.

В эксперименте использовали два раствора, сделанных из компонентов полиферментной системы. Смешивая их, учёные наблюдали, как запустился каскад ферментативных реакций, в том числе реакция свечения. Дизайн чипа был разработан с помощью компьютерного моделирования и усовершенствован экспериментально. По словам одного из разработчиков, сотрудника Санкт-Петербургского национального исследовательского Академического университета имени Ж. И. Алфёрова РАН Антона Букатина, за основу чипа был взят высокочастотный генератор мелких капель, размер которого увеличили пропорционально каплям. Чтобы уменьшить расход реагентов учёные уменьшили давление подачи жидкостей, питающих систему. Соблюдение нужной дистанции между каплями осуществлялось благодаря добавлению несущей фазы (масла) между каплями.

«Наша микрофлюидная установка для измерения оптического сигнала реакций биолюминесценции в каплях включает в себя аналоговый светочувствительный датчик и источник потока жидкости низкого давления. С её помощью можно обнаруживать разные загрязнители: ионы тяжёлых металлов, пестициды, фенолы и хиноны — соединения, которые вызывают поражения крови, печени и нарушают обмен витаминов, а также раздражают слизистые оболочки дыхательных путей и глаз. Соли тяжёлых металлов и фенолы уменьшают максимальную интенсивность люминесценции, а хиноны увеличивают время выхода на максимум свечения», — объяснила старший научный сотрудник лаборатории фотобиологии Института биофизики СО РАН **Елена Есимбекова**.



Интересно, что до настоящего времени исследования системы биолюминесценции в эмульсиях не проводились. Учёные намерены провести исследования особенностей, связанных с миниатюризацией исследуемого образца в виде капель, обнаружением и биосовместимостью используемых материалов.

Одним из важных аспектов проведённой работы эксперты считают попытку ответить на фундаментальный вопрос о взаимодействии ферментов с жирорастворимыми и слаборастворимыми в воде субстратами. Возможно, полученные знания о поведении жирорастворимых компонентов ферментативной системы в эмульсиях помогут в решении задач синтетической биологии и изучении вопросов метаболизма, в том числе, в сфере токсикологии.

Исследование поддержано Российским научным фондом (проект № 20-74-10117). Численное моделирование проводилось в рамках госзадания (СФУ, FSRZ-2020-0012).

[Пресс-служба СФУ](#), 9 декабря 2022 г.

© Сибирский федеральный университет. Редакция сайта: +7 (391) 246-98-60, info@sfu-kras.ru.

Адрес страницы: <https://news.sfu-kras.ru/node/27119>